

КОСМОЛОГИЯ И АСТРОФИЗИКА

УДК 523.11:524.827:539.12:524.854:530.11

Букалов А. В.

**О ВОЗМОЖНОМ РЕШЕНИИ
ПРОБЛЕМЫ КОСМОЛОГИЧЕСКОЙ ПОСТОЯННОЙ
И ПЛОТНОСТИ ЭНЕРГИИ ВАКУУМА**

*Центр физических и космических исследований, Международный институт соционики,
ул. Мельникова, 12, г. Киев-50, 04050, Украина
e-mail: bukalov.physics@socionic.info*

Применение теории сверхпроводимости с учетом структуры вакуума дает в рамках сверхпроводящей космологии новое решение проблемы космологической постоянной и плотности энергии вакуума. Полученная плотность энергии вакуума составляет $\rho_V \approx 0,716 \rho_c$ в хорошем согласии с данными WMAP-9.

Ключевые слова: плотность энергии вакуума, космологическая постоянная, темная энергия, космология, квантовая теория поля.

Как известно, в квантовой теории поля суммирование по всем колебаниям в вакууме приводит к расходимости плотности энергии вакуума вида

$$\rho_V = \frac{\hbar}{c^5} \int_0^\infty \omega^3 d\omega \rightarrow \infty. \quad (1)$$

Введение максимальной планковской частоты $\omega_{\max} = \omega_p$ дает значение плотности энергии вакуума, превышающее на 120 порядков наблюдаемое.

Имеется множество работ и подходов в решении этой проблемы, тесно связанной с проблемой космологической постоянной [1–3]. Автором, с применением концепции сверхпроводимости было получено значение плотности темной энергии, совпадающее со значением космологической постоянной [4].

Спаривание первичных фермионов с параметром взаимодействия λ дает значение энергетической щели

$$2\Delta = \frac{\hbar\omega_p}{\sqrt{8\pi} e^{1/\lambda}}, \quad (2)$$

$$\rho_{DE} \approx \frac{3}{8\pi} (2\Delta)^4 = \frac{3}{8\pi} \frac{\hbar}{c^5} \left(\frac{\omega_p}{\sqrt{8\pi}} \right)^3 \left(\frac{1}{e^{1/\lambda}} \right)^4 \quad (3)$$

где $\hbar\omega_p = m_p c^2 = (\hbar c / G_N)^{1/2}$ — планковская частота, $\alpha_{em} = e^2 / \hbar c$ — постоянная тонкой структуры.

При $\lambda = \alpha_{em}^{-1} / 2 = 137 / 2 = 68,518$ формула ρ_V дает значение, близкое к наблюдаемому

$$\rho_{DE} = \frac{1}{8\pi G} \Lambda = \Omega_\Lambda \frac{3\hbar\omega_p^4}{(8\pi)^3 c^5 e^{2\alpha_{em}^{-1}}}, \quad (4)$$

$$\Lambda^{-1/2} = (3\Omega_\Lambda)^{-1/2} 8\pi e^{\alpha_{em}^{-1}} L_p, \quad (5)$$

где L_p — планковская длина. При $\Omega_{DE} = 9 / 4\pi \approx 0,716$

$$\rho_{DE} = \frac{27}{32\pi(8\pi)^2} \frac{\hbar\omega_p^4}{e^{2\alpha_{em}^{-1}} c^5}. \quad (6)$$

Это значение находится в хорошем согласии с результатами WMAP-9 [5].

Эмпирически очевидно, что реальная плотность вакуумных флуктуаций всех полей не превышает значения ρ_{DE} , задаваемого кривизной Λ . Чтобы понять причину этого, необходимо разобраться в природе вакуумной энергии. Обычно при подсчете количества вакуумных колебаний предполагается, что эти колебания независимы. Именно это и дает бесконечное значение

плотности энергии. Таков обычный классический подход. Однако применимо ли это к вакууму? Ведь вакуум можно рассматривать как конденсат частиц с нижним энергетическим состоянием. А в конденсате кванты ведут себя согласованно, поэтому их колебания нельзя рассматривать как независимые. В таком случае результирующая частота колебаний в конденсате будет зависеть от минимальной ω_{\min} и максимальной ω_{\max} частоты, возможной для вакуумного конденсата. Очевидно, что в случае кривизны Λ эта частота соответствует $\omega_{\min} = \omega_{\Lambda} = \Lambda^{1/2}$, а максимальная частота соответствует планковской частоте: $\omega_{\max} = \omega_P = (c^5 / G_N \hbar)^{1/2}$. Взаимодействие виртуальной частицы с энергией $E = \hbar \omega_0 / 2$ с конденсатом приводит к тому, что в условиях обратимого обмена энергией результирующая частота колебаний составит

$$\tilde{\omega} = \sqrt{\omega \omega_{\min}}. \quad (7)$$

Тогда формула для плотности энергии вакуумных колебаний имеет вид:

$$\begin{aligned} \rho_V &= \frac{\hbar}{2\pi c^5} \int_{\omega_0}^{\omega_{\max}} \tilde{\omega}^3 d\tilde{\omega} = \frac{\hbar}{2\pi c^5} \int_{\omega_0}^{\omega_{\max}} (\sqrt{\omega \omega_{\min}})^3 d\sqrt{\omega \omega_{\min}} = \\ &= \frac{\hbar}{8\pi c^5} \left((\omega_{\max} \omega_{\min})^{4/2} - (\omega_0 \omega_{\min})^{4/2} \right) = \frac{\hbar}{c^5} \cdot \frac{\omega_{\max}^2 \omega_{\min}^2 - \omega_0^2 \omega_{\min}^2}{8\pi}. \end{aligned} \quad (8)$$

При $\omega_{\max} = \omega_P$ и $\omega_{\min} = \omega_{\Lambda}$, $\omega_0 = 0$

$$\rho_V = \frac{\hbar}{c^5} \frac{\omega_P^2 \cdot \omega_{\Lambda}^2}{8\pi} \quad (9)$$

Таким образом, наличие значений частот $\omega_{\max} = \omega_P$ и $\omega_{\min} = \omega_{\Lambda}$ в условиях существования когерентного вакуумного конденсата решает проблему вычисления суммарной энергии вакуумных колебаний.

Предложенный подход согласуется и с голографическим подходом [6, 7], так как энергия вакуума зависит от границы. А поскольку граница задается соотношением $\Lambda^{-1/2} = (3\Omega_{\Lambda})^{-1/2} 8\pi e^{\alpha_{em}^{-1}} L_P$, полученным из сверхпроводящей космологии, то вычисления показывают, что результирующая энергия вакуума не зависит от энергии излучения квантов какого-либо поля и определяется только ω_{\min} и ω_{\max} — максимальной и минимальной энергией вакуумного конденсата, определяемого физическими граничными условиями.

Л и т е р а т у р а :

1. Weinberg S. The cosmological constant problem // Reviews of Modern Physics 61 (Jan., 1989). — P. 1–23.
2. Burdyuzha V. V. Dark components of the Universe // Physics-Uspekhi 53 (2010), no. 4 419.
3. Alexander S. A Quantum gravitational relaxation of the cosmological constant // Phys.Lett. B629 (2005). — P. 53–59; [hep-th/0503146].
4. Букалов А.В. Решение проблемы космологической постоянной и сверхпроводящая космология. // Физика сознания и жизни, космология и астрофизика. — 2011. — № 1. — С. 17–23.
5. Bennett, C.L.; Larson, L.; Weiland, J.L.; Jarosk, N.; Hinshaw, N.; Odegard, N.; Smith, K.M.; Hill, R.S. et al. Nine-Year Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) Observations: Final Maps and Results. [arXiv:1212.5225].
6. Verlinde E. JHEP (04) 029 (2011); [arXiv:1001.0785]
7. Болотин Ю. Л., Ерохин Д. А., Лемец О. А. Расширяющаяся Вселенная: замедление или ускорение? // УФН 182 941–986 (2012)

Статья поступила в редакцию 15.04.2012 г.

Bukalov A. V.

On a possible solution of the cosmological constant problem and the vacuum energy density

The application of theory of superconductivity with the vacuum structure in the superconducting cosmology gives new solution of the cosmological constant problem and the vacuum energy density. The resulting vacuum energy density is $\rho_V \approx 0,716 \rho_c$ in good agreement with the WMAP-9.

Keywords: vacuum energy density, cosmological constant, dark energy, cosmology, quantum field theory